



0400 0300

T #4

PATENT
0104-0328P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: CLAEISSON, Ingvar et al. Conf.:
Appl. No.: 09/838,328 Group: UNASSIGNED
Filed: April 20, 2001 Examiner: UNASSIGNED
For: METHOD AND DEVICE FOR VIBRATION CONTROL

L E T T E R

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

June 14, 2001

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

| <u>Country</u> | <u>Application No.</u> | <u>Filed</u> |
|----------------|------------------------|------------------|
| SWEDEN | 9803605-6 | October 22, 1998 |

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By Joe McKinney Muncy
Joe McKinney Muncy, #32,334

KM/asc
0104-0328P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen



09/838 328

Attorney Docket NO. 0104-0328P

April 20, 2001

CLAESSON Ingvar et al.

Birch, Stewart, Kolasch & Birch, LLP

(703) 205-8000

Intyg
Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Ingvar Claesson, Helsingborg SE
Applicant (s) Lars Håkansson, Helsingborg SE
Thomas Lagö, Bankeryd SE

(21) Patentansökningsnummer 9803605-6
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 1998-10-22
Date of filing

Stockholm, 2001-05-07

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office


Hjärdís Segerlund

Avgift
Fee 170:-

PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

METOD OCH ANORDNING FÖR STYRNING AV VIBRATIONERTekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en metod och en anordning för styrning av vibrationer, och närmare bestämt en metod, en anordning och en verktygshållare för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning.

Bakgrundsteknik

Vid skärande bearbetning, såsom svarvning, borrarning, fräsning eller hyvling, uppkommer dynamisk rörelse mellan verktyg och arbetsstycke. Rörelsen beror till stor del på att spånbildningsprocessen, dvs avlägsnandet av det i allmänhet förhållandevis hårda materialet från arbetsstycket, ger en dynamisk excitation av verktyget, och särskilt verktygshållaren. Den dynamiska excitationen leder till en dynamisk rörelse, i form av exempelvis elastisk böjning eller torsion, hos verktyget och verktygshållaren. Spånformningsprocessen är till stora delar stokastisk och excitationen visar sig i form av verktygsvibrationer och buller. Förutom att därigenom ge upphov till arbetsmiljöproblem påverkar den dynamiska rörelsen även jämnheten hos arbetsstyckets yta och verktygets livslängd.

Det är därför angeläget att så långt som möjligt reducera den dynamiska rörelsen. Det är känt att vibrationsproblemet har ett nära samband med den dynamiska styvheten i maskinens konstruktion och arbetsstyckets material. Man har därför lyckats reducera problemet något genom att utforma maskinens konstruktion på sätt som ökar den dynamiska styvheten.

En viktig del av konstruktionen är själva verktygshållaren. Det skärande verktyget, exempelvis ett svarvskär, ett frässkär eller ett borrar, är styvt uppburet av verktygshållaren. Därmed överförs de vibrationer som uppkommer mellan den skärande eggen och arbetsstycket i stort sett fullständigt till verktygshållaren. Det är

till och med ofta så att det är bristande dynamisk styvhet hos verktygshållaren som är ett huvudproblem.

På senare tid har man därför inriktat sig på att öka själva verktygshållarens dynamiska styvhet med hjälp av aktiv teknik för att därigenom styra verktygets respons. Det innebär att man tillämpar aktiv styrning av verktygsvibrationerna.

Den aktiva styrningen innefattar införandet av sekundära vibrationer, eller motvibrationer, i verktyget med hjälp av en sekundär källa, som ofta benämnes aktuator. Aktuators drivs så att motvibrationerna interfererar destruktivt med verktygsvibrationerna.

I US-4 409 659 visas ett exempel på en sådan styrenhet. En ultraljudsaktuator är anordnad på verktygshållaren och skapar motvibrationer i verktyget. Aktuators drivström styrs i beroende av fysiska parametrar som mäts och med hjälp av aktuators arbete hålls inom definierade gränser. Denna konstruktion är klumpig eftersom aktuatorn utgör en förhållandevis stor komponent som måste monteras utanpå en lämplig yta hos verktygshållaren. Dessutom är riktningsverkan inte helt distinkt.

I JP-63 180 401 visas en helt annan lösning där aktuatorn är inbyggd i verktygshållaren som håller ett svarvskär. Ett lateralt genomgående hål med rektangulärt tvärsnitt är upptaget i verktygshållaren. En piezoelektrisk aktuator är i serie med en lastdetektor inspänd mellan de väggar som avgränsar hålet i verktygshållarens längdriktning. Lastdetektorn avkänner vibrationerna och används av en styrenhet för att via aktuatorn alstra motvibrationer som reducerar den dynamiska rörelsen. Denna konstruktion medför ett kraftigt ingrepp i verktygshållaren och visar samtidigt att konstruktören inte haft kunskap om excitationsprocessens kärna. Ingreppet motverkar nämligen syftet med konstruktionen genom att det reducerar verktygshållarens styvhet i de viktigaste riktningsarna, framför allt vertikalt, vilket i sig medför större vibrationsproblem alternativt medför att verktygshålla-

rens dimensioner måste ökas väsentligt för att styvheten skall bibehållas. Vid svarvning skapar det roterande verktyget en nedåtriktad kraft på skäreggen. När eggen håller emot bryts material loss från arbetsstycket. Där-
 5 vid uppkommer huvuddelen av vibrationerna. I JP-63 180 401 tänker man sig istället från att arbetsstyckets yta är ojämn (vågmonstrad) och därigenom huvudsakligen exciterar verktygshållaren i dess längdriktning. Via aktuatorn alstrar man en svängning i motfas mot våg-
 10 mönstret och uppnår därigenom ett konstant skärdjup.

Det finns således ett behov av en lösning som styr de mest väsentliga vibrationerna vid skärande bearbetning, såsom svarvning, fräsning, borrarning eller hyvling, och som ger minimal negativ påverkan, såsom skrymmande
 15 utskott eller dynamiskt försvagande ingrepp, och ändå har god verkan.

Sammanfattning av uppfinningen

Ett ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av
 20 verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod har ingen eller åtminstone försumbar negativ påverkan på verktygets dimensioner.

Ett annat ändamål med föreliggande uppfinning är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av
 25 verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod har ingen eller åtminstone försumbar negativ påverkan på verktygets mekaniska egenskaper.

Ytterligare ett ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av
 30 verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod ger en riktad och direkt styrning av verktygsvibrationerna.

Ännu ett ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en anordning och en metod för styrning av verktygsvibrationer, vilken anordning och vilken metod möjliggör styr-
 35 ning av verktygsvibrationer i valbar riktning.

Andamålen med avseende på en anordning uppnås med en anordning för styrning av vibrationer i en maskin för skärande bearbetning, varvid maskinen innefattar ett skärande verktyg som uppbärs av en verktygshållare, varvid anordningen innefattar en styrenhet och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan innefattande en vibrationssensor och en aktuator, och varvid aktuatoren innefattar ett aktivt element som omvandlar en av styrenheten över det aktiva elementet anbringad växelspanning till dimensionsförändringar. Anordningen kännetecknas av att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in i verktygshållarens kropp och att nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in så att nämnda dimensionsförändringar bibringar verktygshållarens kropp vridande moment.

Andamålen med avseende på en metod uppnås med en metod för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning, innefattande att avkänna en verktygshållares vibrationer under pågående bearbetning och att alstra styrvibrationer i verktygshållaren, med hjälp av åtminstone ett aktivt element som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar. Metoden kännetecknas av stegen att bädda in nämnda aktiva element i verktygshållarens kropp och att, för alstringen av styrvibrationerna, bibringa verktygshållarens kropp vridande moment genom att alstra åtminstone en styrspanning och anbringa styrspanningen över nämnda aktiva element och genom att variera styrspanningen i beroende av de avkända vibrationerna.

Idén att enligt uppfinningen bädda in åtminstone ett aktivt element i verktygshållaren innebär ett minimalt ingrepp i verktygshållaren och utnyttjar samtidigt det aktiva elementets snabbhet och dimensionsförändringsförmåga på ett optimalt sätt. Inbäddningen gör det möjligt att effektivare överföra dimensionsförändringen direkt till verktygshållarens kropp och med full verkningsgrad. Den kända tekniken enligt JP-63 180 401 där aktuatorelementet ligger fritt med undantag för gavelytorna ger ett svängrum för utböjning hos aktuatorelementet, varvid

kraft går förlorad. Inbäddningen har även fördelen att anordningen är användbar i praktiken eftersom den är skyddad mot skärvätskor och spån. De kända anordningarna är möjligen användbara för laboratoriebruk men inte i
5 industriverksamhet.

Anordningen är inrättad att bibringa verktygshållaren ett vridande moment genom placeringen av det (de) aktiva elementet (-en). Det motsvarande aktuatorelementet i JP-63 180 401 är medvetet anordnat så att dimensions-
10 förändringen sker utmed verktygshållarens längdaxel, vilket inte ger något vridande moment. Det beror på ovan nämnda bristande kunskaper om vad som primärt orsakar vibrationsproblemen. Man har således inte insett att de viktigaste excitationskrafterna har helt andra riktningar
15 än parallellt med nämnda längdaxel. Även med den insikten är emellertid konstruktionen enligt JP-63 180 401 inte enkelt anpassningsbar för någon annan montering än den visade.

Det aktiva elementet enligt uppfinningen kan göras
20 litet. Därigenom är det enkelt att bygga in det aktiva elementet i verktygshållaren vid tillverkningen av det samma utan att verktygshållarens mekaniska egenskaper påverkas negativt. Dessutom medför det att elementet är eftermonterbart i befintliga verktygshållare.

25 Vidare är monteringen flexibel såtillvida att det aktiva elementet är monterbart med valfri orientering. Därigenom går det att uppnå maximal styrbarhet för vibrationer med i stort sett vilken riktning som helst.

Kort beskrivning av ritningarna

30 Uppfinningen kommer nedan att beskrivas närmare genom utföringsformer under hänvisning till den åtföljande ritningen, där:

Fig 1 i en perspektivvy exemplifierar kraftpåverkan på ett skärande verktyg;

35 Fig 2 i en genomskärningsvy schematiskt visar en utföringsform av uppfinningen tillämpad på ett verktyg för svarvning;

Fig 3 visar ett blockschema över styrning enligt utföringsformen i fig 2; och

Fig 4 visar en annan utföringsform av uppfinningen tillämpad på ett verktyg för fräsning.

5 Detaljerad beskrivning av utföringsformer

En grundläggande avsikt med uppfinningen är att motverka uppkomsten av vibrationer som ger buller, slitage och ytojämnhet i samband med skärande bearbetning av ett arbetsstycke. Ovan har orsakssambanden för uppkomsten av vibrationer vid skärande bearbetning beskrivits. Genom en korrekt utförd vibrationsstyrning enligt uppfinningen undanröjs problemen och en god ytfinish uppnås.

I fig 1 visas ett exempel på krafter som ett verktyg 1, i det här fallet ett svarvskär, utsätts för på grund av bearbetningen av ett arbetsstycke 2. Verktuget 1 uppbärs av en verktygshållaren 3, med vilken verktuget 1 är stumt förbundet. Arbetsstycket 2 roterar i pilens A riktning. Verktugetshållaren 3 rör sig i en matningsriktning, som anges av pilen B. Arbetsstycket 2 rotation och verktygshållarens 3 rörelse ger tillsammans en kraftresultant som åskådliggörs med pilen f. Kraftresultanten f kan delas upp i komponenter f_x , f_p och f_v . Av fig 1 framgår att den dominerande komponenten är f_v , som betecknar den kraft som erfordras för att avlägsna material från arbetsstycket 2.

Fig 2 exemplifierar en utföringsform av anordningen enligt uppfinningen och hur denna utföringsform används vid svarvning. I fig 2 visas, i en längsgående genomskärningsvy, schematiskt ett verktyg i form av ett svarvskär 21 och en verktygshållare i form av en svarvskärshållare 23, vilka motsvarar verktuget 1 respektive verktygshållaren 3 i fig 1. Ett roterande arbetsstycke visas i tvärsnitt vid 22. Anordningen enligt uppfinningen är i detta exempel anbringad för att minska/motverka de vibrationer som kraftkomponenten f_v ger upphov till och som visas med pilen C. Anordningen innefattar omvandlarorgan, som utgörs av plattformiga sensorer 24, 25 och plattformiga

aktuatorer 26, 27. Aktuatorerna 26, 27 innefattar aktiva element, här ett element vardera, vilka i denna utföringsform utgörs av piezokeramelement, som ändrar dimension när en elektrisk spänning anbringas över dem. Dimensionsförändringen står i ett förhållande till spänningen. Ett piezokeramelement kan i sin tur vara utfört som en enhet eller med fördel vara uppbyggt som en så kallad stack och/eller av flera delelement. Således kan elementet vara en solid kropp eller flera individuella men sammansatta och samverkande kroppar. Sensorerna 24, 25 utgörs av piezoelektriska kristaller som alstrar en elektrisk spänning när de utsätts för kraftpåverkan. Anordningen innefattar vidare en styrenhet 28, som är elektriskt ansluten till sensorerna 24, 25 och aktuatorerna 26, 27 via en ledning 29, som innehåller ett flertal ledare. Av tydlighetsskäl visas i verktygshållaren 23 enbart de ledare 30-33 som är anslutna till aktuatorerna 26, 27, men ledare finns givetvis även till sensorerna 24, 25.

De aktiva elementen, dvs piezokeramelementen, 26, 27 är inbäddade i verktygshållaren 23. I det här fallet, och såsom en föredragen utföringsform är inbäddningen en ingjutning. Ingjutningen utförs genom att det för varje aktivt element 26, 27 utformas en urtagning i verktygshållarens 23 kropp, varefter det aktiva elementet 26, 27 placeras däri och gjuts över. Det aktiva elementet 26, 27 limmas företrädesvis mot urtagningens bottenyta. Sensorerna 24, 25 är ingjutna på motsvarande sätt som de aktiva elementen. Ledarna 30-33 är också ingjutna i verktygshållaren 23.

Omvandlarorganen 24-27 är parvis motstående och parallellt anordnade, i form av ett sensorpar 24, 25 och ett aktuatorpar 26, 27. En övre sensor 24 av sensorerna 24, 25 är anordnad nära verktygshållarens 23 ovansida 23a, och en undre sensor 25 av sensorerna 24, 25 är anordnad nära verktygshållarens 23 undersida 23b. Aktuatorerna 26, 27 är anordnade på motsvarande sätt, dvs med en

övre och en undre aktuator 26 respektive 27 anordnade nära verktygshållarens 23 ovansida 23a respektive undersida 23b.

Anordningen fungerar enligt följande. När verktyget 5 21 och verktygshållaren 23 under pågående svarvning vibrerar upp och ned enligt pilen C utsätts sensorerna 24, 25 för omväxlande drag- och tryckkrafter. Varje sensorer 24, 25 alstrar då en spänning som varierar i takt med kraftvariationerna. Sensorspänningarna detekteras och 10 analyseras av styrenheten 28. Styrenheten 28 alstrar två styrspänningar, i form av växelspänningar, som matas till var sin aktuator 26 respektive 27 och anbringas över piezokeramelementen 26, 27. Piezokeramelementen 26, 27 är långsträckta i verktygshållarens 23 längdled och ledarna 15 30-33, är två och två anslutna till var sitt piezokeramelement 26, 27 i deras framändar 26a respektive 27a och bakändar 26b respektive 27b. När aktuatorerna 26, 27 spänningssätts medelst styrspänningarna förlängs piezokeramelementen 26, 27 således i högre eller mindre grad 20 beroende på spänningarnas storlek. Med andra ord erhåller varje piezokeramelement 26, 27 en dimensionsförändring i sin längdled, vilket i föreliggande exempel även är verktygshållarens 23 längdled. Piezokeramelementen 26, 27 har företrädesvis kraftförmedlingsytor, i detta fall deras 25 gavelytor vid ändarna 26a, 26b, 27a, 27b, som anligger direkt mot ytor i verktygshållarens 23 kropp. Vidare är piezokeramelementen 26, 27 belägna på avstånd från verktygshållarens 23 centrumaxel I-I. Med uttrycket "på avstånd från centrumaxeln" avses generellt att piezokeramelementens 26, 27 geometriska centrumaxlar inte sammanfaller med verktygshållarens 23 geometriska centrumaxel. 30 Om centrumaxlarna skulle sammanfalla så skulle inget vridande moment åstadkommas utan enbart en ren längdförändring av verktygshållaren 23. I den föredragna utföringsformen är piezokeramelementen 26, 27 ytnära, eller grunt, 35 placerade för att momentarmarna skall bli så långa som möjligt. I det föreliggande exemplet är den dominerande

vibrationen vertikal, vilket innebär att de krafter som induceras med hjälp av piezokeramelementen 26, 27 i första hand strävar att böja verktygshållarens 23 ände uppåt och nedåt.

- 5 De vridande momenten verkar således kring en axel som är vinkelrät mot centrumaxeln I-I och styrs så att de arbetar i motfas mot de vridande moment som arbetsstycket 22 inducerar vid bearbetningen genom sin rotation. Därmed minskas vibrationerna. Styrenheten 28 alstrar således så-
10 dana styrspänningar att de medelst aktuatorerna 26, 27 inducerade krafterna ligger i motfas mot de av sensorerna 24, 25 detekterade krafterna.

- Styrenheten 28 är valbar bland många olika typer, exempelvis analog, återkopplad styrenhet, konventionell
15 PID-regulator, adaptiv regulator eller någon annan, i en aktuell tillämpning lämplig styrenhet. Styrenheten strävar företrädesvis efter att styra vibrationerna mot ett optimalt tillstånd. Styrningen kan exempelvis innebära att minimera vibrationerna i någon eller alla riktningar,
20 varvid det optimala tillståndet kan vara helt utsläckta vibrationer. Det finns många kända styralgoritmer att välja bland. Strävan är att finna den mest effektiva för en viss tillämpning. Vad beträffar den ovan beskrivna utföringsformen för svarvtillämpningen sker analysen av
25 sensorsignalerna, dvs de av sensorerna alstrade spänningarna, och alstringen av styrsignalerna, dvs styrspänningarna, till piezokeramelementen 26, 27 enligt följande.

- En föredragen utföringsform av det styrsystem som
30 styrenheten 28, sensorerna 24, 25 och piezokeramelementen 26, 27 tillsammans utgör är återkopplad och baserad på en så kallad "Filtered-X LMS-algoritm". Denna algoritm är i sig förvisso känd för fackmannen inom teknikområdet. I fig 3 visas ett ekvivalent blockschema över det återkopplade styrsystemet i en digital beskrivning.
35

Block 301, som även är betecknat C, representerar det dynamiska systemet som styrs, vilket innehåller

aktuatorerna 26, 27 och sensorerna 24, 25. De övriga blocken representerar en realisering av nämnda algoritm. Block 305 representerar ett FIR-filter med justerbara ko-

5 efficientjusteringsorgan, och block 309 representerar en modell (C*) av det dynamiska systemet 301.

Sett ur ett funktionsmässigt, matematiskt perspektiv utgör det dynamiska systemet ett framfilter, vars utsig-

10 nal, dvs det dynamiska systemets respons, är $y_c(n)$. Koefficientjusteringsorganet 307 strävar efter att optimera FIR-filtrets koefficienter så att en felsignal $e(n)$ minimeras. Felsignalen $e(n)=d(n)-y_c(n)$, där $d(n)$ är en önskvärd utsignal. Bestämningen av felsignalen görs med hjälp av en summerare 311. För att säkerställa att koefficient-

15 justeringsorganet konvergerar varje gång oavsett utgångstillstånd matas det med en referenssignal $r(n)$ från modellen 309 av framfiltret.

I matematiska termer kan man uttrycka verkan av uppfinningen som att den ändrar verktygshållarens överföring

20 och närmare bestämt ändrar egenskaperna hos en eller flera framkanaler, där varje framkanal är förknippad med en excitationsriktning. Detta betraktelsesätt är likvärdigt med att verkan av uppfinningen är att styrvibrationer alstras vilka styrvibrationer påverkar verktygshållarens vibrationer. Det skall således påpekas att framkanalen ofta inte kan betraktas som tidsinvariant, dvs traditionell linjär systemteori är ofta inte tillämplig.

25 Systemet är vanligtvis olinjärt.

Uppfinningen är inte bara tillämpbar för svarvning

30 utan fungerar även för annan typ av skärande bearbetning, såsom fräsning eller borrar, varvid den ovan beskrivna styralgoritmen också är tillämplig.

Vid fräsning roterar inte arbetsstycket utan själva verktyget och dess verktygshållare. I fig 4 visas en

35 fräsverktygshållare 41, vars rotationsriktning anges med en pil. Fräsverktygshållaren 41 har inbäddade sensorer och aktiva element, varav två aktiva element 45, 47 visas

schematiskt. De mest betydande vibrationer som uppkommer vid fräsning är orsakade av torsion av fräsverktygshållaren 41 på grund av skäreppgarnas 43 ingrepp i arbetsstyckets material. Fräsverktygshållaren 41 utsätts även
 5 för en viss böjning. Kraftresultanterna är främst skruvformigt riktade kring fräsverktygshållarens 41 rotationsaxel. En föredragen placering av de aktiva elementen 45, 47b är därför i ett band kring fräsverktygshållaren 41 så att de aktiva elementen har en huvudsaklig utsträckning
 10 och samtidigt verkansriktning skruvformigt kring verktygshållarens 41 rotationsaxel. Därmed verkar de åstadkomna vridande momenten huvudsakligen i samma riktningar som nämnda torsion. En tänkbar variant till eller kombination med den skruvformiga placeringen är dock även att
 15 placerade aktiva elementen parallellt med rotationsaxeln.

Vid borrarning roterar, liksom vid fräsning, verktyg och verktygshållare. Borrar har ett verktyg i form av ett borrar-skär som uppbärs av en verktygshållare. Skäret är i allmänhet fastsvetsat på hållaren. Det finns dock även så
 20 kallade snabbstålsbollar, varvid verktygshållare och verktyg är utformade i samma ämne. Även i det fallet innefattar dock borrar definitionsmässigt ett verktyg i form av själva skäret i borrar-ets ände och en verktygshållare i form av den resterande delen av borrar-et. Vid borrarning lik-
 25 nar förhållandena de förhållanden som råder vid fräsning. En klar skillnad ligger dock i matningsriktningen, som vid borrarning är parallell med verktygshållarens rotationsaxel, medan den är vinkelrätt mot verktygets rotationsaxel vid fräsning. En annan skillnad är att hela
 30 verktyget ligger an mot arbetsstycket vid borrarning medan det endast är en partiell anläggning vid fräsning. Vid borrarning är därför vibrationerna nästan uteslutande torsionsrelaterade. Aktiva element och sensorer anordnas ungefär som i fräsfallet, men i större vinkel mot rota-
 35 tionsaxeln.

Även vibrationer i hyvelverktyg och andra skärande verktyg kan styras i enlighet med uppfinningen.

En alternativ placering av sensor är i svarvfallet mellan själva skäret och verktygshållaren, dvs under skäret. I det fallet används en tryckkänslig sensor.

Sensorerna kan för övrigt vara av någon av flera
5 olika typer. Utöver ovannämnda är exempelvis accelerometrar och trådtöjningsgivare tänkbara. De senare är dock mindre lämpliga än de piezoelektriska sensorerna sett ur miljösynpunkt.

Även de aktiva elementen kan vara av olika typer
10 inom ramen för uppfinningen. I framtiden är sannolikt ännu tunnare element än dagens möjliga, exempelvis i form av piezofilm (PZT). Den för närvarande föredragna typen är dock piezokeramelement.

De ovan beskrivna placeringarna av sensorerna och
15 aktuatorerna är exempel på placeringar och många varianter är tänkbara, såsom en kombination av de visade eller andra antal aktuatorer. Exempelvis i svarvfallet kan man anordna två par aktuatorer i varje riktning eller flera aktuatorer bredvid de visade. I sitt enklaste utförande
20 innefattar anordningen enligt uppfinningen endast en aktuator som innefattar ett aktivt element. Detta ger dock ett mer olinjärt styrsystem, vilket orsakar onödiga styrtekniska svårigheter. Det är därför en fördel att balansera systemet genom att, såsom i den i fig 2 visade
25 utföringsformen, anordna de aktiva elementen parvis motstående, dvs mitt emot varandra på varsin sida om verktygshållarens centrumaxel. En ännu högre linjäritet uppnås om varje aktuator dessutom utformas av två aktiva element som förenas, exempelvis genom limning, med var-
30 andra storyta mot storyta till ett dubbelelement. Dubbelelementet blir visserligen dubbelt så tjockt som ett enkelt element, men ger å andra sidan mer dynamisk effekt, vilket ibland är att föredra.

De aktiva elementen är formmässigt inte bundna till
35 att vara rätblocksformiga och plattformiga som de visade elementen, utan formen kan variera beroende på tillämpning. Plattformigheten är dock en fördel, eftersom den

bidrar till att minimera elementets volym. Vidare är
långsträckthet en god formegenskap som också bidrar till
att elementet får en liten volym. Det är därvid att före-
dra att dimensionsförändringarna sker i elementets längd-
5 led.

Hur de aktiva elementen anordnas i verktygshållaren
kan variera och har förvisso också inverkan på formen.
Utöver den ovan beskrivna, föredragna monteringen där
elementen visserligen limmas mot urtagningens botten men
10 två motstående kraftförmedlingsytor väsentligen alstrar
de vridande momenten är andra alternativ möjliga. Ett
sådant innebär att dimensionsförändringen helt överförs
via limförbandet, vilket i princip är möjligt med dagens
mest hållfasta lim. Även andra varianter ryms inom ramen
15 för uppfinningen.

Övergjutningen av det aktiva elementet görs med
lämpligt material. Som exempel är plastmaterial värda att
påpeka. Att föredra är dock om i vart fall ett lock av
metall anordnas överst och i jämnhöjd med den övriga
20 verktygshållarytan.

PATENTKRAV

1. Anordning för styrning av vibrationer i en maskin
5 för skärande bearbetning, vilken maskin innefattar ett
skärande verktyg (21, 43) som uppbärs av en verktygshåll-
lare (3, 23, 41), varvid anordningen innefattar en styr-
enhet (28) och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan
innefattande en vibrationssensor (24, 25) och en aktuator
10 (26, 27, 45, 47), och varvid aktuatoren innefattar ett
aktivt element (26, 27, 45, 47) som omvandlar en av styr-
enheten till aktuatoren matad växelspanning till dimen-
sionsförändringar, k ä n n e t e c k n a d av att
nämnda aktiva element är inrättat att bäddas in i verk-
15 tygshållarens kropp och att nämnda aktiva element är in-
rättat att bäddas in så att nämnda dimensionsförändringar
bibringar verktygshållarens kropp vridande moment.

2. Anordning enligt patentkrav 1, k ä n n e -
t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45,
20 47) är inrättat att bäddas in med sin centrumaxel på av-
stånd från verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

3. Anordning enligt patentkrav 1 eller 2,
k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element
(26, 27, 45, 47) är inrättat att bäddas in nära verktygs-
25 hållarens (3, 23, 41) yta.

4. Anordning enligt något av föregående patentkrav,
k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element
(26, 27, 45, 47) är plattformigt.

5. Anordning enligt något av föregående patentkrav,
30 k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktuator (26, 27,
45, 47) innefattar ett dubbelelement, som utgörs av två
med varandra via varsin storyta förbundna aktiva element.

6. Anordning enligt något av föregående patentkrav,
k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element
35 (26, 27, 45, 47) utgörs av ett piezokeramelement.

7. Metod för styrning av vibrationer vid skärande
bearbetning, innefattande att avkänna en verktygshållares

vibrationer under pågående bearbetning och att alstra styrvibrationer i verktygshållaren, med hjälp av åtminstone ett aktivt element som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar, k ä n n e t e c k n a d av att

5 bädda in nämnda aktiva element i verktygshållarens kropp och att, för alstringen av styrvibrationerna, bibringa verktygshållarens kropp vridande moment, genom att alstra åtminstone en styrspänning och anbringa styrspänningen över nämnda aktiva element och genom att variera styr-

10 spänningen i beroende av de avkända vibrationerna.

8. Metod enligt patentkrav 7, k ä n n e t e c k n a d av att avkänna verktygshållarens vibrationer piezoelektriskt.

9. Verktygshållare, som är anordnad att uppbära ett verktyg för skärande bearbetning, varvid verktygshållaren

15 (3, 23, 41) innefattar en aktuator (26, 27, 45, 47), vilken aktuator innefattar ett aktivt element (26, 27, 45, 47) som är elektriskt styrbart till dimensionsförändringar k ä n n e t e c k n a d av att det aktiva

20 elementet (26, 27, 45, 47) är inbäddat i verktygshållarens kropp och att det därvid är anordnat att genom nämnda dimensionsförändringar bibringa verktygshållarens kropp vridande moment.

10. Verktygshållare enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47) är inbäddat med sin centrumaxel på avstånd från verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

11. Verktygshållare enligt patentkrav 9 eller 10, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element

30 (26, 27, 45, 47) är inbäddat nära verktygshållarens (3, 23, 41) yta.

12. Verktygshållare enligt patentkrav 9, 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a d av att minst ett par aktiva element är anordnat så att de i paret ingående aktiva

35 elementen är motstående anordnade på var sin sida om verktygshållarens (3, 23, 41) centrumaxel.

13. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-12, kön n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47)  r anordnat i en urtagning i verkt ygsh  llaren (3, 23, 41) och  r förbundet med verkt ygsh  llaren via ett limförband som överför åtminstone en del av nämnda dimensionsförändring till verkt ygsh  llaren, och att urtagningen  r förseglad.

14. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-13, kön n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element (26, 27, 45, 47)  r anordnat i en urtagning i verkt ygsh  llaren (3, 23, 41) och har två motstående kraftförmedlingsytor, varvid kraftf rmedlingsytorna  r i anliggning mot ytor hos verkt ygsh  llarens kropp och varvid nämnda dimensionsförändringar ändrar avståndet mellan kraftf rmedlingsytorna, och att urtagningen  r förseglad.

15. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-14, kön n e t e c k n a d av att den utgörs av en sk rhh  llare (3, 23) f r en svarvmaskin.

16. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-14, kön n e t e c k n a d av att den utgörs av en sk rhh  llare (41) f r en fräsmaskin och att sk rhh  llaren innefattar aktiva element (45, 47) som  r skruvformigt anordnade kring sk rhh  llarens centrumaxel.

17. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-14, kön n e t e c k n a d av att den utgörs av en sk rhh  llare f r en borrarvmaskin, och att sk rhh  llaren innefattar aktiva element som  r skruvformigt anordnade kring sk rhh  llarens centrumaxel.

18. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-17, kön n e t e c k n a d av att den innefattar ett inbäddat, piezoelektriskt sensorelement (24, 25).

19. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-18, kön n e t e c k n a d av att nämnda inbäddade element  r ingjutna i verkt ygsh  llarens kropp.

20. Verkt ygsh  llare enligt något av patentkraven 9-19, kön n e t e c k n a d av att nämnda aktiva element utgörs av ett piezokeramelement.

21. Användning av en anordning enligt något av patentkraven 1-6 i en maskin, varvid maskinen är endera av en maskin för svarvning, en maskin för fräsning eller en maskin för borrning.

5

SAMMANFATTNING

Uppfinningen avser en anordning för styrning av vibrationer i en maskin för skärande bearbetning, vilken maskin innefattar ett skärande verktyg (21, 43) som uppbärs av en verktygshållare (3, 23, 41). Anordningen innefattar en styrenhet (28) och till styrenheten anslutbara omvandlarorgan innefattande en vibrationssensor (24, 25) och en aktuator (26, 27, 45, 47). Aktuators innefattar ett aktivt element (26, 27, 45, 47) som omvandlar en av styrenheten till aktuatorn matad växelspanning till dimensionsförändringar. Nämda aktiva element är inrättat att bäddas in i verktygshållarens kropp och är inrättat att bäddas in så att nämnda dimensionsförändringar bringar verktygshållarens kropp vridande moment.

Uppfinningen avser vidare en metod för styrning av vibrationer vid skärande bearbetning.

Uppfinningen avser även en verktygshållare.

Publiceringsbild = Fig 2

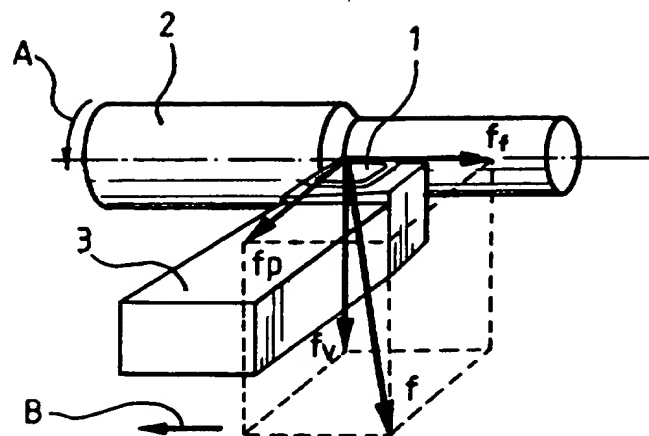


Fig. 1

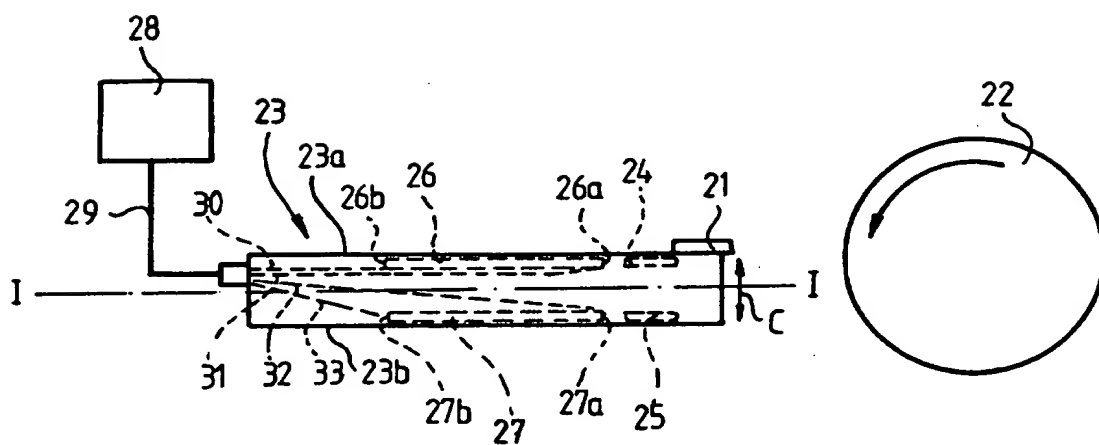


Fig. 2

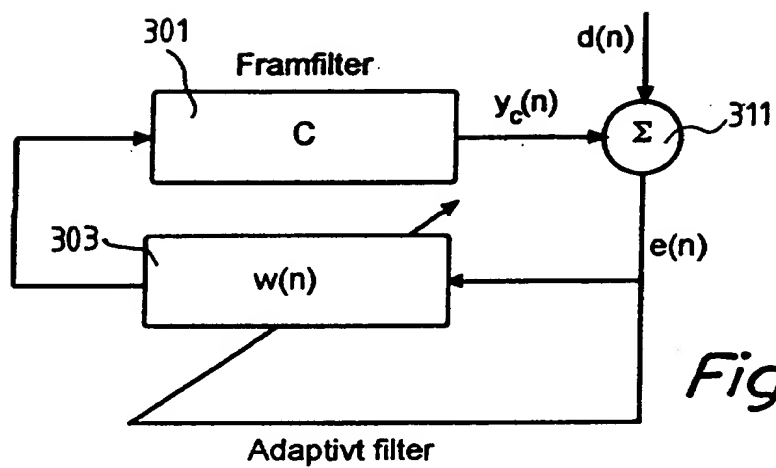


Fig. 3a

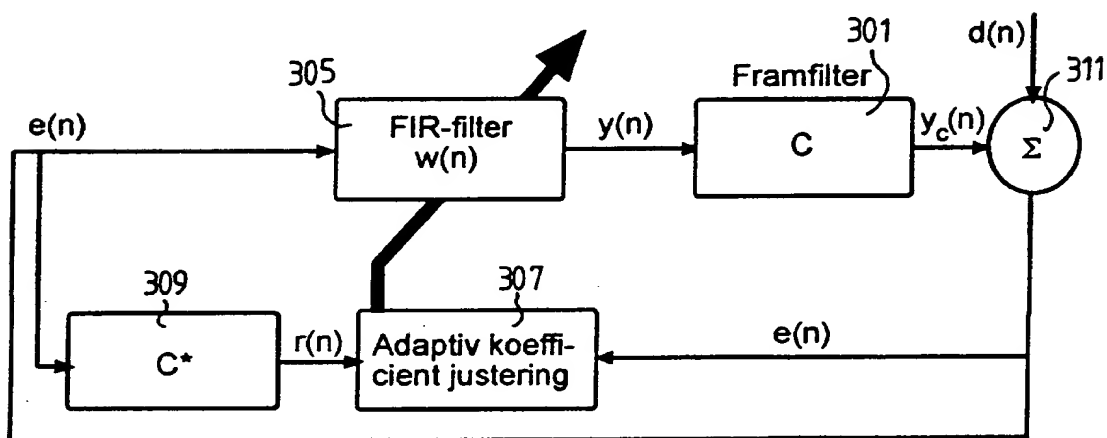


Fig. 3b

Fig. 4

